

WLAN 指纹定位中 AP 选择策略研究

程金晶^{1,2}, 魏东岩¹, 唐阳阳¹

(1. 中国科学院 光电研究院, 北京 100094;

2. 中国科学院大学, 北京 100094)

摘要: 基于 WLAN (Wireless Local Area Network) 网络的指纹定位技术是当前室内定位领域的研究热点。随着 WLAN 网络的普及, 特别是在商场、高校、写字楼等环境中, AP (Access Point) 的布置已经非常密集, 终端可视 AP 数量很多, 为 WLAN 定位提供了良好的基础。但是, 由于遮挡以及 AP 节点故障造成的信号不稳定等因素, 导致使用全部可视 AP 节点进行定位不一定能得到最好的定位结果。因此, 在定位计算中对 AP 节点进行适当的选择是必要的。针对此问题, 提出了四种 AP 节点的选择策略, 并通过实际搭建的 WLAN 定位网络对所提的 AP 选择策略进行了实验验证。结果表明: 对 AP 进行选择是必要的; 恰当的 AP 选择策略能有效提高定位精度。

关键词: WLAN; 指纹定位; AP 节点选择; 定位精度

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)03-0001-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.03.001

Research on AP Selection Strategy Based on WLAN Fingerprint Positioning

CHENG Jin-jing^{1,2}, WEI Dong-yan¹, TANG Yang-yang¹

(1. Academy of Opto-electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract: The fingerprint positioning technology based on WLAN (Wireless Local Area Network) is the hotspot in the field of indoor positioning at present. With the popularity of WLAN in public places such as shopping malls, universities and office buildings, there are many available terminal AP (Access Point) nodes because of the high density of AP distribution, which provide good foundation for WLAN-based positioning. However, since the signal instability caused by frequently blocking and occasional failure of AP nodes, optimal positioning result cannot be guaranteed in the case of using all available AP nodes. The selection algorithm of AP nodes is more demanding in such a case. In this paper, four novel AP selection algorithms were proposed. The real-world experiments were carried out to verify the proposed algorithms. The result shows that the selection of AP is essential and necessary in terms of achieving better positioning performance. Moreover, appropriate AP selection algorithm can effectively improve the positioning accuracy.

Key words: WLAN; fingerprint positioning; AP nodes selection; positioning accuracy

0 引言

随着泛在定位需求的发展^[1-2], 高精度的室内定位技术越来越受到重视, 尤其是基于 WLAN 网络的定位方法引起了广泛关注^[3-5]。该定位方法通过现有的 WLAN 网络和移动终端实现, 不需要特别添加额外专用设备。因此, 基于 WLAN 网络的定位方法具有易实现、成本低等优点。目前最普遍的 WLAN 网络室内定位方法是基于位置指纹的定位方法^[6-9]。该方法通常分为在线和离线两个阶段, 利用在线阶段终端可视 AP

的信号强度与离线过程中采集的信号强度指纹库进行匹配来获取用户位置。

随着 WLAN 网络的广泛普及, 在部分商场、高校、写字楼等环境中, AP 节点的布置已经非常密集, 实际终端可视 AP (终端可以接收到信号并且信号强度大于某一门限的 AP, 通常由接收灵敏度决定) 的数量很多, 为基于 WLAN 定位提供了良好的基础。但是, 由于遮挡以及 AP 节点故障造成的信号不稳定等因素, 导致使用全部可视 AP 节点进行定位不一定能得到最

收稿日期: 2014-03-28

修回日期: 2014-07-02

网络出版时间: 2015-01-20

基金项目: 国家“863”高技术发展计划项目 (2012AA121005)

作者简介: 程金晶 (1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为新型导航技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150120.2155.005.html>

好的定位结果。目前基于 WLAN 的指纹定位算法有 KNN (K - Nearest Neighbor) 算法^[10-12]、贝叶斯算法^[13-14]等。但在相关文献中,这些算法都是利用所有接收到的可视 AP,并没有考虑到 AP 节点选择问题。文中针对 WLAN 指纹定位过程中离线和在线阶段两个过程,根据信号强度值和信号强度值方差提出了四种 AP 节点选择策略,并搭建了 WLAN 网络定位实验场景,对所提的 AP 选择策略进行了实验验证。

1 系统模型

如图 1 所示,基于 WLAN 网络的指纹定位方法通常分为离线阶段和在线阶段^[15]。离线阶段指的是先

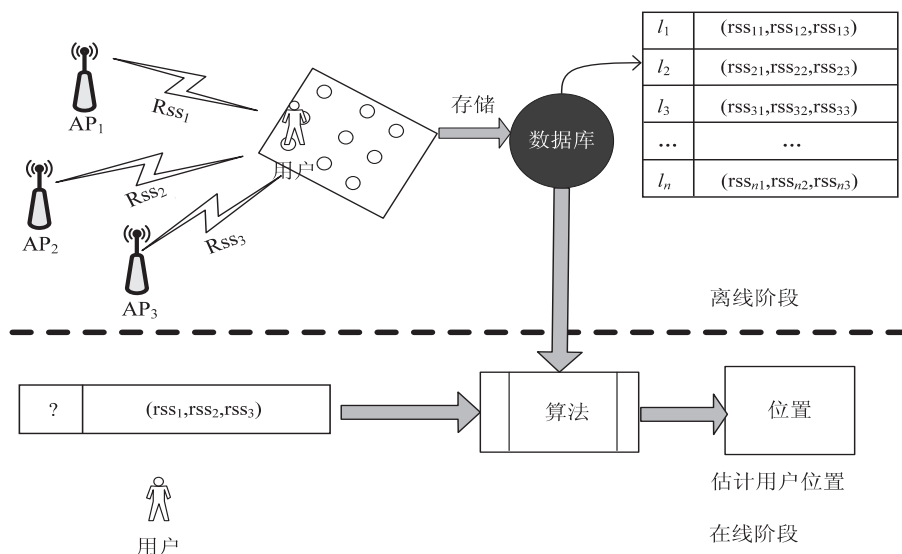


图 1 基于 WLAN 位置指纹的定位技术

平均 KNN 定位算法是通过用户终端在线阶段接收到的信号强度与离线阶段采集的指纹库进行匹配,计算得到信号强度欧氏距离,根据信号强度欧氏距离大小选择 K 个邻近参考点,并通过这些参考点来估计用户位置。

假设总的参考点数为 M 个,定位区域内共有 H 个 AP,在线阶段终端可视 AP 集合与指纹库中第 i 个参考点可视 AP 集合的交集为 S_i ,则待测点到指纹库中第 i 个参考点的信号强度欧氏距离^[16]为:

$$d_i = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{j \in S_i} (RSS_j - \hat{RSS}_{ij})^2}, i = 1, 2, \dots, M \quad (1)$$

其中, RSS_j 为在线阶段终端接收到的 S_i 集合中第 j 个 AP 的信号强度值; \hat{RSS}_{ij} 为指纹库中第 i 个参考点终端接收到的 S_i 集合中第 j 个 AP 的信号强度值; N 为 S_i 集合的元素个数 ($N \leq H$)。

由于有 M 个参考点,通过式(1)可以得到 M 个欧氏距离,比较这 M 个欧氏距离,选取欧氏距离较小的 K 个邻近参考点,根据这 K 个邻近参考点得到用户坐标位置为:

将定位区域按一定尺度的网格进行划分,以每个网格顶点作为参考点 (Reference Point, RP),然后在各参考点上采集信号特性参数,构建一个与位置相关联的信号特性参数指纹数据库 (以下简称指纹库)。指纹库中存储有参考点位置、信号强度、信号强度时间维度上的方差等信息。在线阶段指的是用户终端采集信号强度、方差等信息,并与指纹库预存的信息进行匹配,获取用户位置。

典型的匹配算法包括平均 KNN 算法、加权 KNN 算法和贝叶斯算法等,文中以较为常用的平均 KNN 定位算法为例对 AP 选择策略问题进行研究。

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{1}{K} \sum_{l=1}^K (x_l, y_l) \quad (2)$$

其中, x_l 表示第 l 个邻近 RP 的横坐标; y_l 表示第 l 个邻近 RP 的纵坐标。

加权 KNN 算法是在平均 KNN 算法基础上,根据邻近参考点的信号强度欧氏距离得到每个邻近参考位置的加权系数,然后将式(2)中 $\frac{1}{K}$ 替换成对应邻近参考点的加权系数,计算并得到用户的估计位置。

由式(1)可以看出,传统平均 KNN 算法利用了 S_i 集合中所有的 AP 计算信号强度欧氏距离。而文中提出的 AP 选择策略与传统的 KNN 算法的信号强度欧氏距离计算方法不同,分别针对离线和在线阶段两个过程设计了不同的选择策略。根据集合 S_i 中不同 AP 的信号强度值或信号强度值方差,选取 N_{set} 个 AP 参与计算待测点到指纹库中第 i 个参考点的信号强度欧氏距离,将这些 AP 记为 S_i^T ($S_i^T \subset S_i$),不同的 AP 选择策略对应不同的 S_i^T 集合。第 3 部分将对 AP 选择策略,即 S_i^T 的选择方法进行详细阐述。

2 实验场景搭建

为了研究基于 WLAN 指纹定位的 AP 选择策略,利用某地下车库搭建了专门的实验场景,其布局方式如图 2 所示。面积为 110 m(长)× 80 m(宽),划分为 A、B 和 C 三个区域。离线阶段数据采集时,将地下车库划分为 2 m× 2 m 网格,并在网格顶点(参考点)处进行位置指纹数据采集。

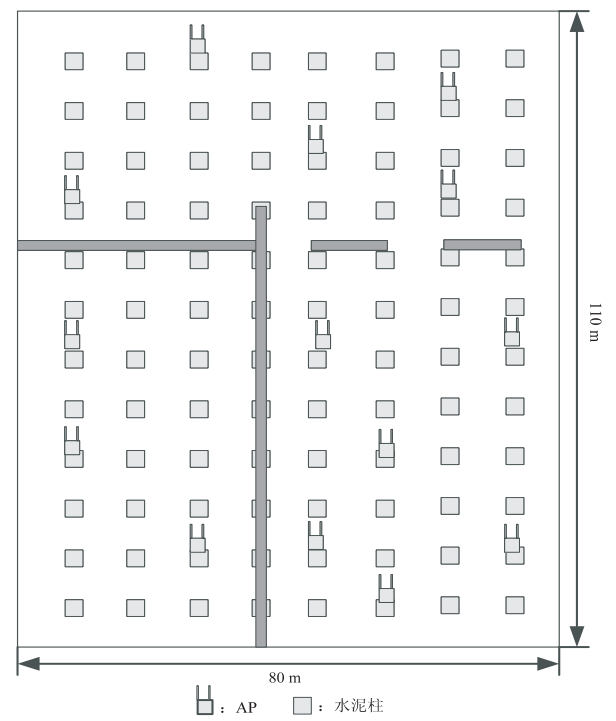


图 2 地下车库 AP 布置示意图

地下车库共布置了 27 个 AP,选择的 AP 型号为 cisco1242(包括 AP 主机、2 个 4dbi 全向室内天线、供电模块),支持 WIFI (802. 11b/g/n),实验场采用 802. 11g 信号机制。

- 其中 AP 节点的布置满足以下原则:
- (1)地下车库的任何点有 10 个以上的可视 AP;
 - (2)地下车库的任何点有 5 个以上平均信号强度值大于-85 dBm 的可视 AP。

实验中采用的终端为 Google Galaxy Nexus(如图 3 所示),WIFI 通信芯片为博通的 BCM4330,支持 WIFI(802. 11g)。



图 3 手机终端和采集数据软件界面

在离线阶段,划定 2 m× 2 m 的网格,以网格顶点为参考点,地下车库总共设定了 1 362 个参考点。每个参考点处数据采样次数为 100 次。通过数据处理后形成地下车库的指纹库,指纹库中的数据包括位置坐标、AP 的 MAC 地址、平均信号强度值和信号强度方差等信息。

图 4 和图 5 分别是 AP 在 A 区域(见图 2)中平均信号强度和信号强度方差分布三维图。

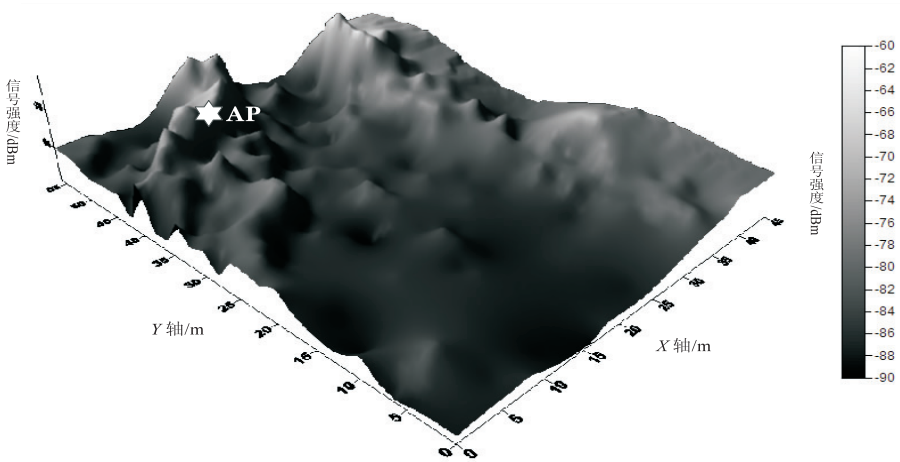


图 4 信号强度分布三维图

从图 4 中可以看出,当终端距离 AP 越近时,终端接收的信号强度越强,信号强度的变化梯度也越大。终端距离 AP 越远,终端接收的信号强度越弱,信号强

度的变化梯度也相应越小。从图 5 中可以看出,AP 信号强度方差分布不均匀。大部分区域终端接收到 AP 的信号强度方差在 10 (dBm²) 以下,但是有小部分区

域出现信号强度方差突然变得很大的现象。说明在采集指纹库的数据时,终端在这小部分区域时受到严重的环境干扰,如行人以及车辆的遮挡。如果在这小部

分区域进行定位时,利用此 AP 参与到定位过程,会影响定位精度。

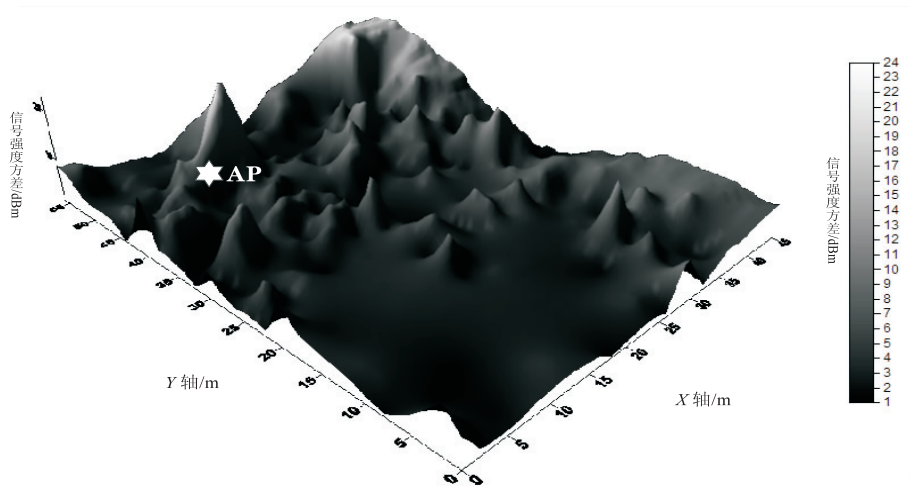


图 5 信号强度方差分布三维图

3 AP 节点选择策略

文中提出的 AP 选择策略实质是从 S_i 中选择合理的 AP 参与计算待测点到指纹库中参考点的信号强度欧氏距离,即对于指纹库中第 i 个参考点来说,选择合理的 S_i^T 集合。为讨论方便,文中提出以下假设,在线阶段终端可视 AP 与 S_i 相同 AP 对应的信号强度值和方差的集合分别为 $E = [rss_1, rss_2, \dots, rss_N]$ 、 $\Sigma = [\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_N^2]$;在指纹库中第 i 个参考点位置的终端可视 AP 与 S_i 相同 AP 对应的信号强度值和方差的集合分别为: $E'_i = [rss'_{i,1}, rss'_{i,2}, \dots, rss'_{i,N}]$ 、 $\Sigma'_i = [\sigma_{i,1}^2, \sigma_{i,2}^2, \dots, \sigma_{i,N}^2]$ 。

KNN 算法的实质是利用信号强度空间的欧氏距离来判断实际物理距离的,因此,AP 信号强度梯度越大,越有利于实际距离的分辨,进而提高定位精度。针对这种特点,文中从信号强度的角度分别针对离线和在线两个阶段提出以下两种 AP 节点选择策略。

AP 节点选择策略 1:首先,将 E 按由大到小的顺序排列后选取前 N_{slet1} 个元素对应的 AP,记为 $S_{i,1}^T$;令公式(1)中的 $j \in S_{i,1}^T$,计算得到待测点到指纹库中第 i 个参考点的信号强度欧氏距离;然后,根据待测点到指纹库中所有参考点的信号强度欧氏距离选择邻近参考点,估计用户位置。

AP 节点选择策略 2:首先,将 E'_i 按由大到小的顺序排列后选取前 N_{slet2} 个元素对应的 AP,记为 $S_{i,2}^T$;令公式(1)中的 $j \in S_{i,2}^T$,计算得到待测点与指纹库中第 i 个参考点的信号强度欧氏距离;然后,根据待测点到指纹库中所有参考点的欧氏距离选择邻近参考点,估计用户位置。

终端采集 AP 信号强度值时,由于遮挡以及 AP 节点故障造成的信号不稳定等因素,导致这些受严重瞬时干扰和设备损坏的 AP 的信号强度特性值参与定位过程会严重影响定位结果。基于这些影响,文中从信号强度方差的角度分别针对离线和在线两个阶段又提出了以下两种 AP 节点选择策略:

AP 节点选择策略 3:首先,将 Σ 按由小到大的顺序排列后选取前 N_{slet3} 元素对应的 AP,记为 $S_{i,3}^T$;令公式(1)中 $j \in S_{i,3}^T$,计算得到待测点到指纹库中第 i 个参考点的信号强度欧氏距离;然后,根据待测点到指纹库中所有参考点的信号强度欧氏距离选择邻近参考点,估计用户位置。

AP 节点选择策略 4:首先,将 Σ'_i 按由小到大的顺序排列后选取前 N_{slet4} 个元素对应的 AP,记为 $S_{i,4}^T$;令公式(1)中 $j \in S_{i,4}^T$,计算得到待测点到指纹库中第 i 个参考点的信号强度欧氏距离;然后,根据待测点到指纹库中所有参考点的信号强度欧氏距离选择邻近参考点,估计用户位置。

4 定位结果仿真与分析

通过上述理论分析,文中利用实测数据,根据信号强度值和信号强度值方差辅助选择有利于提高定位精度的 AP。对提出的 4 种策略进行了定位精度分析,为了方便比较分析,文中同时也绘制了利用传统平均 KNN 算法的定位误差累计概率图。实验验证中各策略的 N_{slet1} 、 N_{slet2} 、 N_{slet3} 和 N_{slet4} 均设为 5, M 的个数为 A 区域中实际参考点数, M 值为 644,定位过程中选择的邻近点个数 K 为 4。在线阶段终端静态采集了 6 个小时的实验数据,其中对每个 AP 信号强度的采集次数

为 25 000,每次定位利用 5 次采集的原始数据。同时计算出 5 次采集数据的 AP 信号强度值和信号强度方差值,并作为上述策略中在线阶段的信号强度值和信号强度方差值。则利用实际数据可以分别在不同的策略下进行 5 000 次静态定位,对于每种策略分别根据这些定位结果统计定位误差为 1~10 m 的累计误差概率,并得到如图 6 所示的定位误差累计概率分布图。

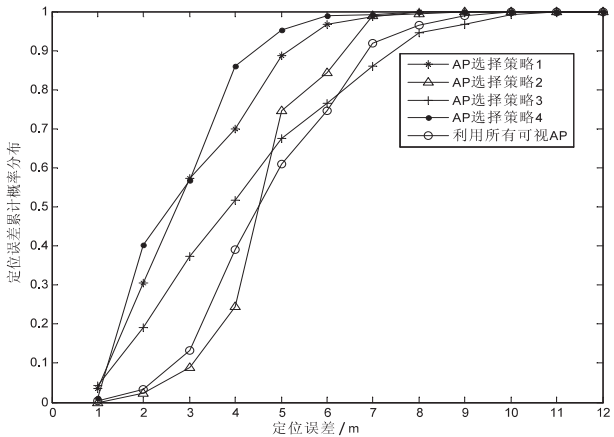


图 6 定位误差累计概率分布图

由图 6 可以看出,定位精度在 3 m 以内时,4 种 AP 选择策略情况下的定位误差累计概率分别为 57.25%、9.00%、37.25%、56.87%。在利用所有可视 AP 的情况下,定位误差累计概率为 13.38%。除了策略 2 比利用所有 AP 的情况时的定位误差累计概率小,其他 3 种策略的定位误差累计概率都有一定程度上的提高。说明当定位精度为 3 m 以内时,策略 2 并没有提高定位精度,其他选择策略误差累计概率都比利用所有可视 AP 时大,其中策略 1 与策略 4 的定位误差累计概率均超过了 50%,这两种 AP 节点选择策略对定位精度有明显的提高。当定位精度在 5 m 以内时,相比于利用所有可视 AP 情况下,4 种 AP 选择策略定位误差累计概率分别提高了 27.74%、13.74%、6.62%、34.49%。通过以上分析得到,AP 节点选择策略 4 优于其他 3 种 AP 节点选择策略,AP 节点选择策略 1 次之。

5 结束语

文中根据在线阶段和离线阶段终端接收到的信号强度值大小和信号强度值方差提出了 4 种 AP 节点选择策略,并以平均 KNN 算法为例进行了分析。文中提出的 4 种 AP 节点选择策略都能够一定程度上提高基于 WLAN 指纹的定位精度,其中根据离线阶段存储的 AP 信号强度值方差别除信号强度值方差较大的 AP 选择策略最为有效。此外,加权 KNN 算法是在平均 KNN 算法的基础上的一种改进,这一改进与文中提出的 AP 选择策略处于不同环节,完全可以联合使用。

因此,文中提出的 AP 选择策略也适用于加权 KNN 算法。

参考文献:

[1] Munoz D, Lara F B, Vargas C, et al. Position location techniques and applications[M]. [s. l.]: Academic Press, 2009.

[2] 杨章林. 基于 RSSI 的 WLAN 定位系统研究与实现[D]. 大连: 大连理工大学, 2009.

[3] Gu Yanying, Lo A, Niemegeers I. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2009, 11(1): 13-32.

[4] 张洁颖. 基于 ZigBee 网络的定位跟踪研究与实现[D]. 上海: 同济大学, 2007.

[5] 王赛伟. 基于位置指纹的 WLAN 室内定位方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.

[6] 李 旭. 基于移动设备的室内定位系统的研究与实现[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.

[7] Zhang Minghua, Zhang Shensheng, Cao Jian. Probability-based clustering and its application to WLAN location estimation[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), 2008(5): 547-552.

[8] Mengual L, Marbán O, Eibe S. Clustering-based location in wireless networks[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(9): 6165-6175.

[9] Kaemarungsi K, Krishnamurthy P. Properties of indoor received signal strength for WLAN location fingerprinting[C]//Proc of first annual international conference on mobile and ubiquitous systems: networking and services. [s. l.]: IEEE, 2004: 14-23.

[10] Bahl P, Padmanabhan V N. RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system[C]//Proceedings of INFOCOM. [s. l.]: [s. n.], 2000: 775-784.

[11] 汤 丽. 基于模糊聚类 KNN 的室内 WLAN 定位算法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.

[12] 都伊林. 一种模糊聚类 KNN 位置指纹定位算法[J]. 微型机与应用, 2012, 31(23): 55-58.

[13] 何 强. 基于历史路径概率匹配的室内定位方法研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2010.

[14] Youssef M A, Agrawala A, Udaya S A. WLAN location determination via clustering and probability distributions[C]//Proceedings of the first IEEE international conference on pervasive computing and communications. Four Worth: IEEE, 2003: 143-150.

[15] Youssef M, Agrawala A. Continuous space estimation for WLAN location determination systems[C]//Proceedings of 13th international conference on computer communications and networks. [s. l.]: IEEE, 2004: 161-166.

[16] 陈 森. 基于信号强度的 WLAN 室内定位跟踪系统研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2012.

WLAN指纹定位中AP选择策略研究

作者:

程金晶, 魏东岩, 唐阳阳, [CHENG Jin-jing](#), [WEI Dong-yan](#), [TANG Yang-yang](#)

作者单位:

[程金晶, CHENG Jin-jing\(中国科学院 光电研究院, 北京 100094; 中国科学院大学, 北京 100094\), 魏东岩, 唐阳阳, WEI Dong-yan, TANG Yang-yang\(中国科学院 光电研究院, 北京 100094\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

2015(3)

引用本文格式: [程金晶](#). [魏东岩](#). [唐阳阳](#). [CHENG Jin-jing](#). [WEI Dong-yan](#). [TANG Yang-yang](#) [WLAN指纹定位中AP选择策略研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(3)